

液体噴射ヘッド及び液体噴射装置

発明の背景

発明の分野

本発明は、液体を噴射するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板の表面に圧電素子を形成して、圧電素子の変位により液体を噴射させる液体噴射ヘッド及び液体噴射装置に関し、特に、液体としてインクを吐出するインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置に関する。

先行技術の説明

インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させて圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドには、圧電素子の軸方向に伸長、収縮する縦振動モードの圧電アクチュエータを使用したものと、たわみ振動モードの圧電アクチュエータを使用したものの2種類が実用化されている。

前者は圧電素子の端面を振動板に当接させることにより圧力発生室の容積を変化させることができ、高密度印刷に適したヘッドの製作が可能である反面、圧電素子をノズル開口の配列ピッチに一致させて櫛歯状に切り分けるという困難な工程や、切り分けられた圧電素子を圧力発生室に位置決めして固定する作業が必要となり、製造工程が複雑であるという問題がある。

これに対して後者は、圧電材料のグリーンシートを圧力発生室の形状に合わせて貼付し、これを焼成するという比較的簡単な工程で振動板に圧電素子を作り付けることができるものの、たわみ振動を利用する関係上、ある程度の面積が必要となり、高密度配列が困難であるという問題がある。

一方、後者の記録ヘッドの不都合を解消すべく、特開平5-286131号公報に見られるように、振動板の表面全体に互って成膜技術により均一な圧電材料層を形成し、この圧電材料層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けて各圧力発生室毎に独立するように圧電素子を形成したものが提案されている。

これによれば圧電素子を振動板に貼付ける作業が不要となって、リソグラフィ

法という精密で、かつ簡便な手法で圧電素子を高密度に作り付けることができるばかりでなく、圧電素子の厚みを薄くできて高速駆動が可能になるという利点がある。

ここで、圧電素子は、例えば、シリコン単結晶基板の一方面側に下電極、圧電体層及び上電極を順々に積層することによって形成されている。このような圧電体層は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$; PZT) 等で形成されている。

そして、上述したインクジェット式記録ヘッドでは、例えば、圧電体層をサンドイッチ状に挟んだ下電極及び上電極に外部配線等から駆動電圧を印加し、圧電体層に所定の駆動電界を発生させて圧電素子及び振動板等をたわみ変形させることにより、圧力発生室の内部圧力が実質的に高められてノズル開口からインク滴が吐出するようになっている。

しかしながら、従来のインクジェット式記録ヘッドでは、圧電素子を繰り返し駆動させることにより、振動板の変位量が初期状態での変位量と比べて著しく低下してしまうという問題がある。

具体的には、圧電素子の繰り返し駆動により圧電体層の残留分極が増大し、これに伴って、圧電体層の残留ひずみが増大してしまう。このため、圧電素子を駆動させていない場合でも、振動板がたわみ変形した状態、すなわち、圧力発生室側へ凸状に変形した状態となり、圧電素子の駆動による振動板の変位量が初期状態の変位量から15%程度も低下してしまうという問題がある。

なお、このような問題は、インクジェット式記録ヘッドに限って発生するものではなく、勿論、他の液体噴射ヘッドにおいても同様に発生する。

発明の概要

本発明は、このような事情に鑑み、圧電素子の駆動による振動板の変位量の変動を小さく抑えることができる液体噴射ヘッド及び液体噴射装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成する本発明の第1の態様は、ノズル開口に連通する圧力発生室が形成される流路形成基板と、該流路形成基板の一方面側に振動板を介して設けられる下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子とを具備する液体噴射ヘッ

ドにおいて、前記圧電体層の圧力発生室側の幅方向両端部が当該圧力発生室に対向する領域内に位置し、且つ前記圧電体層の前記圧力発生室側の幅 x と当該圧力発生室の前記振動板側の幅 y との関係が $0.75 \leq x/y \leq 1$ を満たしていることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第1の態様では、圧電体層の幅 x と圧力発生室の幅 y との関係を調整、すなわち、 $0.75 \leq x/y \leq 1$ とすることにより、圧電素子の繰り返し駆動によって圧電体層に発生する残留ひずみによる振動板の初期変位量の増加が抑えられる。これにより、圧電素子の駆動による振動板の変位量の変動を小さく抑えることができる。

本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記圧電体層の前記圧力発生室側の幅 x と前記圧力発生室の前記振動板側の幅 y とが等しいことを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第2の態様では、圧電体層に発生する残留ひずみによる振動板の初期変位量の増加が更に効果的に抑えられる。

本発明の第3の態様は、第1又は2の態様において、前記圧力発生室の前記振動板側の幅 y が、前記圧力発生室の前記振動板側の開口周縁に設けられた空間部の幅方向両側の外縁で規定されていることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第3の態様では、振動板の空間部に対応する領域が振動領域となり、このような空間部の幅方向両側の外縁で圧力発生室の幅 y を規定することにより、圧電体層に発生する残留ひずみによる振動板の初期変位量の増加が効果的に抑えられる。

本発明の第4の態様は、第1～3の何れかの態様において、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板に異方性エッチングにより形成され、前記圧電素子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第4の態様では、高密度のノズル開口を有する液体噴射ヘッドを大量に且つ比較的容易に製造することができる。

本発明の第5の態様は、請求項1～4の何れかの液体噴射ヘッドを具備することを特徴とする液体噴射装置にある。

かかる第５の態様では、振動板の変位量の変動を小さく抑えて液体噴射特性を向上させた液体噴射装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

図１は、本発明の実施形態１に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

図２は、本発明の実施形態１に係るインクジェット式記録ヘッドの平面図及びＡ－Ａ'、Ｂ－Ｂ'断面図である。

図３は、本発明の実施形態１に係る図２（ｃ）の要部拡大断面図である。

図４は、本発明の実施形態１に係る実施例及び比較例のパルス数と変位量との関係を表す折れ線グラフである。

図５は、本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの要部拡大断面図である。

図６は、本発明の実施形態に係るインクジェット式記録装置の概略斜視図である。

発明の詳細な説明

以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

（実施形態１）

図１は、本発明の実施形態１に係るインクジェット式記録ヘッドの概略を示す分解斜視図であり、図２は、図１の平面図及びＡ－Ａ'、Ｂ－Ｂ'断面図である。また、図３は、図２（ｃ）の要部拡大断面図である。

図示するように、流路形成基板１０は、本実施形態では面方位（１１０）のシリコン単結晶基板からなり、その一方面には予め熱酸化により形成した二酸化シリコン（ SiO_2 ）からなる、厚さ１～２μmの弾性膜５０が形成されている。

この流路形成基板１０には、シリコン単結晶基板をその一方面側から異方性エッチングすることにより、複数の隔壁１１によって区画された圧力発生室１２が幅方向に並設されている。また、その長手方向外側には、後述する封止基板３０のリザーバ部３２と連通される連通部１３が形成されている。また、この連通部１３は、各圧力発生室１２の長手方向一端部でそれぞれインク供給路１４を介して連通されている。

ここで、異方性エッチングは、シリコン単結晶基板のエッチングレートの違いを利用して行われる。例えば、本実施形態では、シリコン単結晶基板をKOH等のアルカリ溶液に浸漬すると、徐々に侵食されて(110)面に垂直な第1の(111)面と、この第1の(111)面と約70度の角度をなし且つ上記(110)面と約35度の角度をなす第2の(111)面とが出現し、(110)面のエッチングレートと比較して(111)面のエッチングレートが約1/180であるという性質を利用して行われる。かかる異方性エッチングにより、二つの第1の(111)面と斜めの二つの第2の(111)面とで形成される平行四辺形状の深さ加工を基本として精密加工を行うことができ、圧力発生室12を高密度に配列することができる。

本実施形態では、各圧力発生室12の長辺を第1の(111)面で、短辺を第2の(111)面で形成している。この圧力発生室12は、流路形成基板10をほぼ貫通して弾性膜50に達するまでエッチングすることにより形成されている。ここで、弾性膜50は、シリコン単結晶基板をエッチングするアルカリ溶液に侵される量がきわめて小さい。また各圧力発生室12の一端に連通する各インク供給路14は、圧力発生室12より浅く形成されており、圧力発生室12に流入するインクの流路抵抗を一定に保持している。すなわち、インク供給路14は、シリコン単結晶基板を厚さ方向に途中までエッチング（ハーフエッチング）することにより形成されている。なお、ハーフエッチングは、エッチング時間の調整により行われる。

このような圧力発生室12等が形成される流路形成基板10の厚さは、圧力発生室12を配設する密度に合わせて最適な厚さを選択することが好ましい。例えば、1インチ当たり180個(180dpi)程度に圧力発生室12を配置する場合には、流路形成基板10の厚さは、180～280 μ m程度、より望ましくは、220 μ m程度とするのが好適である。また、例えば、360dpi程度と比較的高密度に圧力発生室12を配置する場合には、流路形成基板10の厚さは、100 μ m以下とするのが好ましい。これは、隣接する圧力発生室12間の隔壁11の剛性を保ちつつ、配列密度を高くできるからである。

なお、流路形成基板10の開口面側には、各圧力発生室12のインク供給路1

4とは反対側で連通するノズル開口21が穿設されたノズルプレート20が接着剤や熱溶着フィルム等を介して固着されている。

一方、流路形成基板10の開口面とは反対側の弾性膜50の上には、二酸化ジルコニウム (ZrO_2) からなる絶縁層55が形成されている。そして、この絶縁層55の上には、厚さが例えば、約 $0.2\mu m$ の下電極膜60と、厚さが例えば、約 $1\mu m$ の圧電体層70と、厚さが例えば、約 $0.1\mu m$ の上電極膜80とが積層形成されて、圧電素子300を構成している。なお、本実施形態では、下電極膜60は、絶縁層55上に、チタン層、イリジウム層、白金層、イリジウム層及びチタン層を順々に積層することにより形成されている。また、圧電体層70は、チタン酸ジルコン酸鉛 ($Pb(Zr, Ti)O_3$; PZT) で形成されている。

ここで、圧電素子300は、下電極膜60、圧電体層70、及び上電極膜80を含む部分をいう。一般的には、圧電素子300の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体層70を各圧力発生室12毎にパターニングして構成する。そして、ここではパターニングされた何れか一方の電極及び圧電体層70から構成され、両電極への電圧の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体駆動部という。本実施形態では、下電極膜60は圧電素子300の共通電極とし、上電極膜80を圧電素子300の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。

何れの場合においても、各圧力発生室12毎に圧電体駆動部が形成されていることになる。また、ここでは、圧電素子300と当該圧電素子300の駆動により変位が生じる振動板とを合わせて圧電アクチュエータと称する。なお、本実施形態では、弾性膜50、絶縁層55及び下電極膜60が振動板として作用する。

このような圧電素子300の圧電体層70及び上電極膜80は、図3に示すように、本実施形態では、上電極膜80側から下電極膜70へ向かって徐々に幅広となり、その断面形状が略台形となっている。また、圧電体層80の圧力発生室12側の底面、すなわち、絶縁層55側の面に対する両側面の傾斜角度は、例えば、 $30\sim 60^\circ$ であり、本実施形態では 45° 程度である。

また、このような圧電素子300の圧電体層70は、上述した各圧力発生室1

2に対向する領域に設けられている。具体的には、圧電体層70の圧力発生室12側の底面の幅方向両端部は、圧力発生室12の開口領域の内側に収まっている。

ここで、圧電体層70の圧力発生室12側の底面の幅 x と圧力発生室12の弾性膜50側の幅 y との関係は、 $0.75 \leq x/y \leq 1$ を満たしており、特に、圧電体層70の幅 x が圧力発生室12の幅 y と同等であることが好ましい。例えば、本実施形態では、圧電体層70の幅 x と圧力発生室12の幅 y との関係が $x/y = 0.8$ となるようにした。なお、この圧力発生室12の幅 y とは、圧力発生室12の弾性膜50側の幅、すなわち、側壁11の間隔である。これは、圧力発生室12の弾性膜50側の幅が、上述した振動板が変形する領域を実質的に規定しているためである。

このように、本実施形態では、圧電体層70の圧力発生室12側の幅 x と圧力発生室12の振動板側の幅 y との関係を調整、すなわち、 $0.75 \leq x/y \leq 1$ とすることより、振動板の剛性が実質的に向上し、圧電素子300の繰り返し駆動によって圧電体層70に発生する残留ひずみによる振動板の初期変位量の増加が抑えられる。これにより、圧電素子300の駆動による振動板の変位量の変動を小さく抑えることができ、長期間に亘って安定したインク吐出特性を得ることができる。特に、圧電体層70の幅 x と圧力発生室12の幅 y とを同等となるようにすれば、振動板の変位量の変動を更に小さく抑えることができる。

なお、圧電体層70の幅 x と圧力発生室12の幅 y との関係を $x/y > 1$ としても振動板の変位量の変動は小さく抑えることはできるが、圧電素子300の駆動による振動板の変位量自体が小さくなりすぎてしまうため好ましくない。

また、このような各圧電素子300の上電極膜80には、例えば、金(Au)等からなるリード電極85がそれぞれ接続されている。このリード電極85は、各圧電素子300の長手方向端部近傍から引き出され、インク供給路14に対応する領域の弾性膜50上までそれぞれ延設されている。

流路形成基板10の圧電素子300側には、圧電素子300の運動を阻害しない程度の空間を確保した状態で、その空間を密封可能な圧電素子保持部31を有する封止基板30が接合され、圧電素子300はこの圧電素子保持部31内に密

封されている。

また、封止基板 30 には、各圧力発生室 12 の共通のインク室となるリザーバ 100 の少なくとも一部を構成するリザーバ部 32 が設けられ、このリザーバ部 32 は、上述のように流路形成基板 10 の連通部 13 と連通されて各圧力発生室 12 の共通のインク室となるリザーバ 100 を構成している。

さらに、封止基板 30 の圧電素子保持部 31 とリザーバ部 32 との間、すなわちインク供給路 14 に対応する領域には、この封止基板 30 を厚さ方向に貫通する接続孔 33 が設けられている。また、封止基板 30 の圧電素子保持部 31 側とは反対側の表面には図示しない外部配線が設けられている。そして、各圧電素子 300 から引き出されたリード電極 85 は、この接続孔 33 まで延設されており、例えば、ワイヤボンディング等により外部配線と接続される。

封止基板 30 上には、封止膜 41 及び固定板 42 とからなるコンプライアンス基板 40 が接合されている。ここで、封止膜 41 は、剛性が低く可撓性を有する材料（例えば、厚さが $6\ \mu\text{m}$ のポリフェニレンサルファイド（PPS）フィルム）からなる。また、固定板 42 は、金属等の硬質の材料（例えば、厚さが $30\ \mu\text{m}$ のステンレス鋼（SUS）等）で形成される。この固定板 42 のリザーバ 100 に対向する領域には、厚さ方向に完全に除去された開口部 43 が形成され、リザーバ 100 の一方向は可撓性を有する封止膜 41 のみで封止されている。

なお、このようなインクジェット式記録ヘッドは、図示しない外部インク供給手段からインクを取り込み、リザーバ 100 からノズル開口 21 に至るまで内部をインクで満たした後、図示しない駆動回路からの記録信号に従い、外部配線を介して圧力発生室 12 に対応するそれぞれの下電極膜 60 と上電極膜 80 との間に電圧を印加し、弾性膜 50、絶縁層 55、下電極膜 60 及び圧電体層 70 をたわみ変形させることにより、各圧力発生室 12 内の圧力が高まりノズル開口 21 からインク滴が吐出する。

ここで、圧力発生室の幅 y を $55\ \mu\text{m}$ と規格化して圧電体層の幅 x を変化させた下記の実施例 1 及び比較例 1, 2 のインクジェット式記録ヘッドを作成し、圧電素子に加えたパルス数と振動板の変位量との関係を調べた。その結果を図 4 に示す。なお、図 4 は、パルス数と変位量との関係を表す折れ線グラフである。

(実施例 1)

圧電体層の幅 x と圧力発生室の幅 y との関係を $x/y = 0.80$ としたものを実施例 1 のインクジェット式記録ヘッドとした。

(比較例 1)

圧電体層の幅 x と圧力発生室の幅 y との関係を $x/y = 0.70$ としたものを比較例 1 のインクジェット式記録ヘッドとした。

(比較例 2)

圧電体層の幅 x と圧力発生室の幅 y との関係を $x/y = 0.67$ としたものを比較例 2 のインクジェット式記録ヘッドとした。

図 4 に示すように、比較例 1 のインクジェット式記録ヘッドの変位量は、初期値 (0 パルス) から約 11% 低下しており、比較例 2 のインクジェット式記録ヘッドの変位量は、初期値から約 21% 低下しているのに対し、実施例 1 のインクジェット式記録ヘッドの変位量は、初期値から約 5% の低下に抑えられた。

このような結果からも明らかなように、圧電体層の幅 x と圧力発生室の幅 y との関係が $0.75 \leq x/y \leq 1$ を満たすことにより、初期値からの変位量の変動を飛躍的に小さくすることができる。

(他の実施形態)

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明の構成は上述したものに限定されるものではない。なお、図 5 は、本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの要部拡大断面図である。

例えば、上述した実施形態 1 では、圧力発生室 12 の幅 y を弾性膜 50 側の両側の側壁 11 の間隔で規定したが、これに限定されず、図 5 に示すように、圧力発生室 12 の弾性膜 50 A 側に空間部 110 が設けられている場合には、その空間部 110 の幅方向両側の外縁で圧力発生室 12 の幅 y' が規定される。このような構成としても、上述した実施形態 1 と同様の効果を得ることができる。

また、成膜及びリソグラフィプロセスを応用して製造される薄膜型のインクジェット式記録ヘッドを例にしたが、勿論これに限定されるものではなく、例えば、グリーンシートを貼付する等の方法により形成される厚膜型のインクジェット式記録ヘッドにも本発明を採用することができる。

また、このような本発明のインクジェット式記録ヘッドは、インクカートリッジ等と連通するインク流路を具備する記録ヘッドユニットの一部を構成して、インクジェット式記録装置に搭載される。図6は、そのインクジェット式記録装置の一例を示す概略図である。

図6に示すように、インクジェット式記録ヘッドを有する記録ヘッドユニット1 A及び1 Bは、インク供給手段を構成するカートリッジ2 A及び2 Bが着脱可能に設けられ、この記録ヘッドユニット1 A及び1 Bを搭載したキャリッジ3は、装置本体4に取り付けられたキャリッジ軸5に軸方向移動自在に設けられている。この記録ヘッドユニット1 A及び1 Bは、例えば、それぞれブラックインク組成物及びカラーインク組成物を吐出するものとしている。

そして、駆動モータ6の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト7を介してキャリッジ3に伝達されることで、記録ヘッドユニット1 A及び1 Bを搭載したキャリッジ3はキャリッジ軸5に沿って移動される。一方、装置本体4にはキャリッジ軸5に沿ってプラテン8が設けられており、図示しない給紙ローラなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シートSがプラテン8上に搬送されるようになっている。

ここで、上述した実施形態においては、本発明の液体噴射ヘッドの一例としてインクジェット式記録ヘッドを説明したが、液体噴射ヘッドの基本的構成は上述したものに限定されるものではない。本発明は、広く液体噴射ヘッドの全般を対象としたものであり、例えば、プリンタ等の画像記録装置に用いられる各種の記録ヘッド、液晶ディスプレイ等のカラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機ELディスプレイ、FED（面発光ディスプレイ）等の電極形成に用いられる電極材料噴射ヘッド、バイオチップ製造に用いられる生体有機物噴射ヘッド等にも適用することができる。勿論、このような液体噴射ヘッドを搭載した液体噴射装置も特に限定されるものではない。

以上説明したように本発明では、圧電体層の圧力発生室側の幅方向両端部を圧力発生室に対向する領域内に位置し、且つ圧電体層の圧力発生室側の幅 x と圧力発生室の振動板側の幅 y との関係が $0.75 \leq x/y \leq 1$ を満たすようにしたので、圧電素子の駆動による振動板の変位量の変動を小さく抑えることができ、長

期間に亘って安定した液体吐出特性を得ることができる。

請求の範囲

1. ノズル開口に連通する圧力発生室が形成される流路形成基板と、該流路形成基板の一方面側に振動板を介して設けられる下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子とを具備する液体噴射ヘッドにおいて、

前記圧電体層の圧力発生室側の幅方向両端部が当該圧力発生室に対向する領域内に位置し、且つ前記圧電体層の前記圧力発生室側の幅 x と当該圧力発生室の前記振動板側の幅 y との関係が $0.75 \leq x/y \leq 1$ を満たしていることを特徴とする液体噴射ヘッド。

2. 請求の範囲 1 において、前記圧電体層の前記圧力発生室側の幅 x と前記圧力発生室の前記振動板側の幅 y とが等しいことを特徴とする液体噴射ヘッド。

3. 請求の範囲 1 において、前記圧力発生室の前記振動板側の幅 y が、前記圧力発生室の前記振動板側の開口周縁に設けられた空間部の幅方向両側の外縁で規定されていることを特徴とする液体噴射ヘッド。

4. 請求の範囲 1 において、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板に異方性エッチングにより形成され、前記圧電素子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とする液体噴射ヘッド。

5. 請求の範囲 1 ～ 4 の何れかの液体噴射ヘッドを具備することを特徴とする液体噴射装置。

要約書

圧電素子の駆動による振動板の変位量の変動を小さく抑えることができる液体噴射ヘッド及び液体噴射装置を提供する。

ノズル開口に連通する圧力発生室 12 が形成される流路形成基板 10 と、流路形成基板 10 の一方向側に振動板を介して設けられる下電極 60、圧電体層 70 及び上電極 80 からなる圧電素子 300 とを具備する液体噴射ヘッドにおいて、圧電体層 70 の圧力発生室 12 側の幅方向両端部が圧力発生室 12 の開口領域の内側に収まっており、圧電体層 70 の圧力発生室 12 側の幅 x と圧力発生室 12 の振動板側の幅 y との関係を $0.75 \leq x/y \leq 1$ とすることにより、圧電素子 300 の駆動による振動板の変位量の変動を小さく抑えることができる。